

液状化した管体周辺土の地震力について

熊本大学工学部	正 員 秋吉 卓
熊本大学工学部	学生員○長瀬雅彦
八代工業高等専門学校	正 員 洲田邦彦
熊本大学工学部	正 員 松本英敏

1. まえがき 地震時に砂地盤の液状化による埋設管の被害が数多く生じていることから、地盤の液状化に関する研究が活発に行われた結果、これまでに多くの知見が得られ^{1)・2)}、グラベルドレーンを用いる対策工法なども提案されたりしている。しかしながら、地震によって砂地盤に液状化が発生してからそれが終了するまでの過程において、周辺地盤がどのように管路を拘束するのか、そのメカニズムは、完全に解明されるまでには到っていないようである。そこで本研究では、液状化砂槽の振動実験により、土圧・水圧・摩擦力・加速度などの管体に作用する力を測定し、これらの相互関係を整理することによって液状化地盤の管拘束メカニズムを推定しようとするものである。

2. 実験の概要 本研究で用いた実験装置は、図1のように、レール上に起振器（八千代製作所製）と砂槽（幅390×長さ980×高さ400mm）を固定し、これをコロの上に載せて、水平加振するもので、砂槽中には均等係数3.46の比較的均一な川砂を厚さ300mmまで入れた。塩ビパイプ（ $\phi 42 \times$ 長さ880mm）の中央部に土圧計・水圧計（ST研究所製、最大 0.1 kgf/cm^2 (9.8kPa), PM10-01），せん断歪計（ST研究所製、最大 10^{-4} rad, SS10-00001）および加速度計（新興通信工業製、2G, BA-2L）を取り付けたものを管模型とし、砂層中に水平に埋設した。ゆる詰め状態の飽和砂地盤を何度でも容易に作製するために、砂槽底部に砂を噴き上げるためのパイプ（ $\phi 18 \text{ mm}$ ）を配置し、水を勢よく注入できるようにした。また砂槽の両側壁には厚さ30mmのスポンジをつけて砂層のせん断変形に対する抵抗が少なくなるようにした。砂や管模型は本来相似則を考慮すべきであるが、本実験ではとくに考慮しなかった。予備実験の結果、加振は振動数8~12Hzの範囲で行い、水圧が上昇してから十分もとに回復するまで続けた。各ピックアップの出力は動ひずみ計（共和電業製、DPM-6E）で増幅してデータレコーダ（TEAC製、R-71）に記録した後、マイコンでAD変換し、処理した。

3. 実験結果と考察 図2は測定結果の一例で、上から、砂槽加速度・管加速度・過剰間隙水圧・全圧・せん断応力・有効圧を表わしており、また管の深さGL-7cm，加振振動数12Hzの場合である。加振開始後、過剰間隙水圧が上昇してピークに達した後、管加速度がほぼ零になっているのは、明らかに、砂層が液状化して管に振動が伝わりにくくなったためである。管加速度が液状化後10秒位から大きな振幅で振動するようになるのは、砂槽の側壁付近の砂が液状化を終えて管の両端を拘束したことによるものと思われる。しかし、管中央部における過剰間隙水圧は、地表面にごく近いということで、なかなか消散せずに、液状化も長引いている。次に、管体に働くせん断応力は、加振開始後、増加し始め、液状化とともに管体が片方向にすべった状態で平衡を保ちながら、こきざみに変化しているが、管加速度が大きいときはせん断応力も振幅が大きくなっている。このように、浅い管路は液状化時に短時間に大きなずれを起し、そのままの状態になることを示唆している。さらに、図2の最下図には、全圧と過剰間隙水圧との差をとったものを有効圧として示している。有効圧とせん断応力とは同じような変化をしており、有効圧の変化がせん断応力の応答によく反映していることが分る。

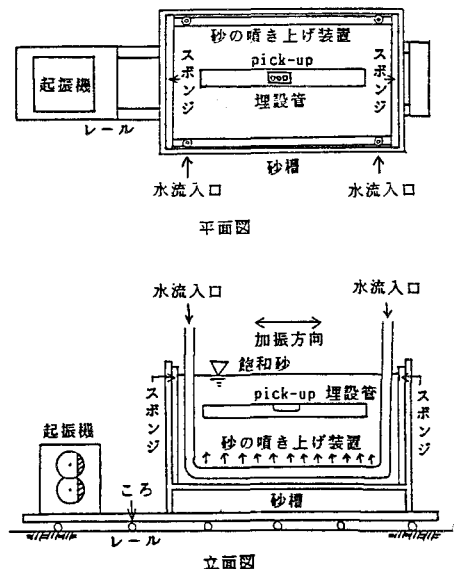


図1 実験装置の概略図

図3は、管の位置GL-16cm、振動数8Hzの場合の、せん断応力と有効圧を示したもので、埋設が深くなると液状化している時間は図2の場合より短く、せん断応力は振動前の状態に復しているため、管の水平移動は少ないことが考えられる。一方、有効圧は液状化後、一時低下しているが、有効圧の高まりとともに管の運動が制約されて、せん断応力の変化にうまく対応している。

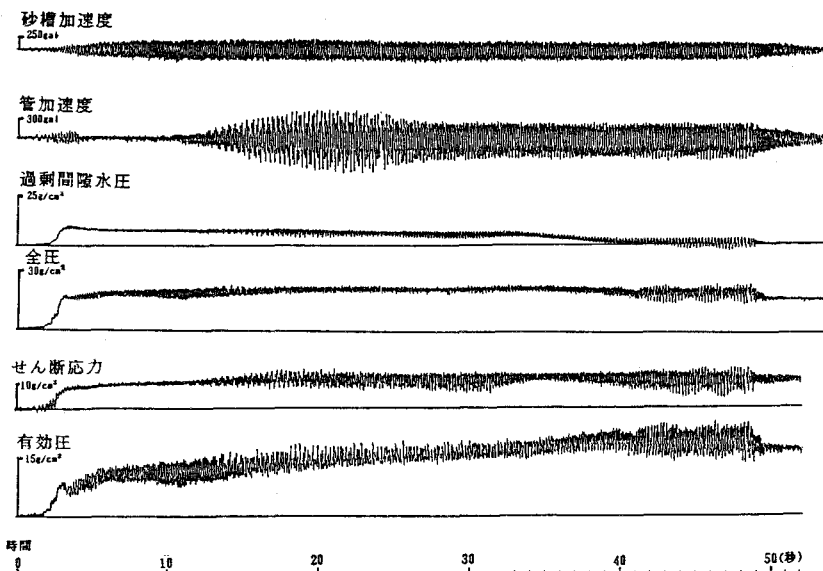


図2 測定記録の一例 (管: GL-7cm, $f=12\text{Hz}$)

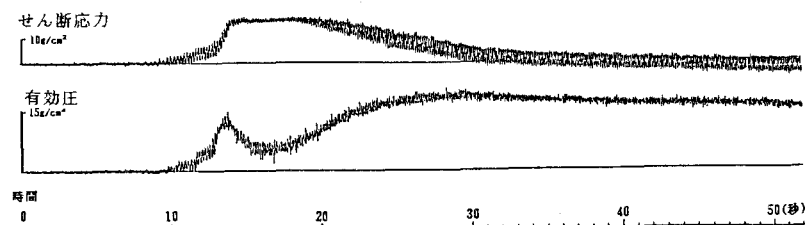


図3 せん断応力と有効圧の一例 (管: GL-16cm, $f=8\text{Hz}$)

せん断応力と有効圧との対応関係を調べるため、これらをそれぞれ縦・横両軸にとり、ある時間区間 (5区間) ごとに軌跡を描いたものが図4である。加振開始後、液状化しない間 (区間①～区間②前半) は、せん断応力と有効圧との間にほぼ線形の関係があるが、液状化が発生すると (区間②後半)、せん断応力はほぼ一定になり、有効圧が低下している。すなわちこの区間では管体がすべりやすい条件となっている。その後、過剰間隙水圧の消散によって液状化が終了するまでの間 (区間③～④) は、砂の再堆積により有効圧が増加するとともに、周囲の砂が再び管を拘束するようになるため、せん断応力の変化が減少していく過程がよく分る。最終的には、区間⑤のように有効圧一定の状態ですせん断振動するようになる。以上の考察より、地盤の液状化と管に働く力との関係がかなり説明できた。その他の結果は講演時にゆずる。

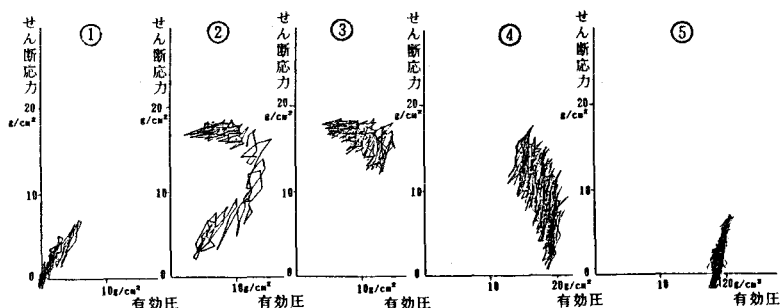


図4 せん断応力 (縦軸) と有効圧 (横軸) の関係
(管: GL-16cm, $f=8\text{Hz}$)

参考文献 1) 片田・伯野: 土木学会論文報告集, 第306号, pp.1-10, 1981. 2) 北浦・宮島: 土木学会論文報告集, 第323号, pp.43-53, 1982, 第336号, pp.31-38, 1983.